

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-241780

(43) 公開日 平成9年(1997)9月16日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 1/08			C 2 2 C 1/08	B

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号	特願平8-53224	(71) 出願人	000192626 神鋼鋼線工業株式会社 兵庫県尼崎市中浜町10番地 1
(22) 出願日	平成8年(1996)3月11日	(72) 発明者	三好 鉄二 尼崎市中浜町10番地 1 神鋼鋼線工業株式 会社内
		(72) 発明者	伊藤 雅夫 尼崎市中浜町10番地 1 神鋼鋼線工業株式 会社内
		(72) 発明者	原 茂太 高槻市南平台 4-37-25
		(74) 代理人	弁理士 明田 莞

(54) 【発明の名称】 金属発泡体の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 所望形状の製品を、任意の発泡率でかつ、安価に製造でき、簡単な構造の設備で大気圧下において確実かつ容易に発泡成形できる金属発泡体の製造方法の提供。

【解決手段】 融点が420℃以上の金属、合金、金属基複合材料の1種以上を加熱して、体積比で固相率35%以下、630℃未満の溶湯と成し、この溶湯に重量比で0.1~5%の量の水素化チタンを添加し攪拌することによって溶湯中に均一分散させた後、この水素化チタンを含有する適当量の溶湯を鋳型或いは金属製品に注湯し、次いで鋳型内又は金属製品内の溶湯を630℃以上に再加熱して溶湯を発泡処理した後、冷却凝固させて、所定形状の金属発泡体を得られる。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 金属、合金、金属基複合材料の1種以上を、後で添加する発泡剤が溶湯中において発泡させるのに必要なガス成分を一部未解離の状態に維持できる温度域で加熱して、機械的な均一攪拌が可能な液相単一相又は固・液相混合相からなる溶湯と成して、この溶湯に重量比で0.1～5%の量の発泡剤を添加し攪拌することによって溶湯中に均一分散させた後、この発泡剤を含有する適量の溶湯を鋳型或いは金属製品に注湯し、次いで鋳型内または金属製品内の溶湯を前記解離温度以上の発泡温度に再加熱して溶湯を発泡処理した後、冷却凝固させることにより、所定の形状の金属発泡体を得ることを特徴とする金属発泡体の製造方法。

【請求項2】 融点が420℃以上の金属、合金、金属基複合材料の1種以上を加熱して、固相率は体積比で35%以下、630℃未満の溶湯と成して、この溶湯に重量比で0.1～5%の量の水素化チタンを添加し攪拌することによって溶湯中に均一分散させた後、この水素化チタンを含有する適量の溶湯を鋳型或いは金属製品に注湯し、次いで鋳型内または金属製品内の溶湯を630℃以上に再加熱して溶湯を発泡処理した後、冷却凝固させることにより、所定の形状の金属発泡体を得ることを特徴とする金属発泡体の製造方法。

【請求項3】 金属、合金、金属基複合材料の1種以上を、後で添加する発泡剤が溶湯中において発泡させるのに必要なガス成分を一部未解離の状態に維持できる温度域で加熱して、機械的な均一攪拌が可能な液相単一相又は固・液相混合相からなる溶湯と成して、この溶湯に重量比で0.1～5%の量の発泡剤を添加し攪拌することによって溶湯中に均一分散させた後、この発泡剤を含有する適量の溶湯をそのまま又は鋳型或いは金属製品に注湯した状態で冷却凝固させてスラブ、棒等の一次原材料を成型し、この一次原材料を圧延、切断、切削等により小塊、切粉、線材、板材等の二次原材料に加工して、この二次原材料を鋳型内或いは金属製品内に適量挿入し、次いで前記解離温度以上の発泡温度に再加熱して発泡処理した後、冷却凝固させることにより、所定の形状の金属発泡体を得ることを特徴とする金属発泡体の製造方法。

【請求項4】 融点が420℃以上の金属、合金、金属基複合材料の1種以上を加熱して、固相率は体積比で35%以下、630℃未満の溶湯と成して、この溶湯に重量比で0.1～5%の量の水素化チタンを添加し攪拌することによって溶湯中に均一分散させた後、この水素化チタンを含有する適量の溶湯をそのまま又は鋳型或いは金属製品に注湯した状態で冷却凝固させてスラブ、棒等の一次原材料を成型し、この一次原材料を圧延、切断、切削等により小塊、切粉、線材、板材等の二次原材料に加工して、この二次原材料を鋳型内或いは金属製品内に適量挿入し、次いで630℃以上に再加熱して発

泡処理した後、冷却凝固させることにより、所定の形状の金属発泡体を得ることを特徴とする金属発泡体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、構造物材料、吸（遮）音材、衝撃緩衝材、断熱材などの広範な部材に利用される金属発泡体の製造方法に係り、特に、薄板、棒材、パイプや複雑な形状の製品の製造に好適な金属発泡体の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の金属発泡体の製造方法の典型的なものとしては、溶湯金属を攪拌しながら発泡剤を添加し、発泡融体を鋳型に鑄造する方法や、金属粉末と発泡剤を粉末状態で混合し、加熱発泡させる方法があり、公知の先行技術として例えば特公昭36-20351号公報（第1例）及び特公昭39-803号公報（第2例）の2例が挙げられる。

【0003】これら2例において、第1例には、主として水素化物を発泡剤に用いて連続的に金属発泡体を製造する方法が開示され、一方、第2例には、ガスを発生する粒子と金属粒子とを混合したものを加熱溶解して金属発泡体を製造する方法が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】前記第1例の場合は、発泡剤における水素の解離温度に対して溶融金属の温度がかなり高いので発泡時間が短くなり、概ね1分以内に発泡融体を取扱って成形しなければならない。すなわち、混合室から搬出される混合発泡体は、ガス発生量が25%に達しない内のものであり、これを超えると流動性が悪くなるので、1分以内の短時間で成形する型などに抽出しなければならない。その結果、スラブや10cm程度の比較的厚い厚板など単純形状の成形体を大量に製造するには適しているが、複雑な形状の発泡体を製造したり、数十mm程度の薄板を製造することは非常に困難である。また、100気圧程度の高圧力下では、発泡ガスの解離をコントロールできるが、設備が大がかりとなって製造コストが高くなる問題がある。

【0005】一方、前記第2例では、粒子作成及び均一混合の手段に長い時間と高いコストを要するのが問題である。また、発泡剤として水素化物含有金属合金を用い、凝固点付近に保持された溶融金属に混合してから、その混合物が発泡しない内に急冷したものを粉砕して粒子状にして発泡させる方法であるが、これでは、第2例における実施例に掲げているような合金の融点では、水素化物含有合金の水素は常圧では全量がいち早く解離するので、発泡せずに水素化物含有合金を溶融金属に均一に混合するには、高圧力下で製造する必要があり、従って設備が複雑化し、高コストとなる不利は免れ得ない。

【0006】近年、これらのように金属発泡体は、主と

してアルミニウム及びアルミニウム合金に水素化合物を発泡剤として混合分散し、発泡させてから凝固する方法によって製造されてきた。この場合、溶解温度が高く、公知例における実施例によっても明らかなように630℃以上の温度で製造されている。この温度で大気圧の下では、水素化合物が激しく水素を解離するため、溶湯内に発泡剤を均一に混合するには、非常に強力な攪拌を行う必要がある。また、溶湯が急速に発泡するため、取扱いが難しく、複雑な形状の鋳型によって鋳造するには、製造装置が複雑になると同時に、コストが著しく高つく問題は避けられない。

【0007】本発明は、このような問題点の解消を図るために成されたものであり、従って、本発明の主たる目的は、複雑な形状の製品、薄板、パイプ等の従来の技術では困難とされていた形状の製品を、任意の発泡率でかつ、安価に製造することが可能となる金属発泡体の製造方法を提供することにある。

【0008】本発明の他の目的は、簡単な構造の設備で大気圧下において確実かつ容易に発泡成型することができ、しかも発泡制御が自在に行えることによって汎用性に富むところ大なる金属発泡体の製造方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の目的を達成するため以下に述べる構成としたものである。即ち、本発明は、金属、合金、金属基複合材料の1種以上を、後で添加する発泡剤が溶湯中において発泡させるのに必要なガス成分を一部未解離の状態に維持できる温度域で加熱して、機械的な均一攪拌が可能な液相単一相又は固・液相混合相からなる溶湯と成して、この溶湯に重量比で0.1～5%の量の発泡剤を添加し攪拌することによって溶湯中に均一分散させた後、この発泡剤を含有する適当量の溶湯を鋳型或いは金属製品に注湯し、次いで鋳型内または金属製品内の溶湯を前記解離温度以上の発泡温度に再加熱して溶湯を発泡処理した後、冷却凝固させることにより、所定の形状の金属発泡体を得ることを特徴とする金属発泡体の製造方法である。

【0010】本発明はまた、融点が420℃以上の金属、合金、金属基複合材料の1種以上を加熱して、固相率は体積比で35%以下、630℃未満の溶湯と成して、この溶湯に重量比で0.1～5%の量の水素化チタンを添加し攪拌することによって溶湯中に均一分散させた後、この水素化チタンを含有する適当量の溶湯を鋳型或いは金属製品に注湯し、次いで鋳型内または金属製品内の溶湯を630℃以上に再加熱して溶湯を発泡処理した後、冷却凝固させることにより、所定の形状の金属発泡体を得ることを特徴とする金属発泡体の製造方法である。

【0011】本発明はまた、金属、合金、金属基複合材料の1種以上を、後で添加する発泡剤が溶湯中において

発泡させるのに必要なガス成分を一部未解離の状態に維持できる温度域で加熱して、機械的な均一攪拌が可能な液相単一相又は固・液相混合相からなる溶湯と成して、この溶湯に重量比で0.1～5%の量の発泡剤を添加し攪拌することによって溶湯中に均一分散させた後、この発泡剤を含有する適当量の溶湯をそのまま又は鋳型或いは金属製品に注湯した状態で冷却凝固させてスラブ、棒等の一次原材料を成型し、この一次原材料を圧延、切断、切削等により小塊、切粉、線材、板材等の二次原材料に加工して、この二次原材料を鋳型内或いは金属製品内に適当量挿入し、次いで前記解離温度以上の発泡温度に再加熱して発泡処理した後、冷却凝固させることにより、所定の形状の金属発泡体を得ることを特徴とする金属発泡体の製造方法である。

【0012】本発明はまた、融点が420℃以上の金属、合金、金属基複合材料の1種以上を加熱して、固相率は体積比で35%以下、630℃未満の溶湯と成して、この溶湯に重量比で0.1～5%の量の水素化チタンを添加し攪拌することによって溶湯中に均一分散させた後、この水素化チタンを含有する適当量の溶湯をそのまま又は鋳型或いは金属製品に注湯した状態で冷却凝固させてスラブ、棒等の一次原材料を成型し、この一次原材料を圧延、切断、切削等により小塊、切粉、線材、板材等の二次原材料に加工して、この二次原材料を鋳型内或いは金属製品内に適当量挿入し、次いで630℃以上に再加熱して発泡処理した後、冷却凝固させることにより、所定の形状の金属発泡体を得ることを特徴とする金属発泡体の製造方法である。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好ましい実施形態を具体的に説明する。本発明者等が技術的な検討を鋭意重ね、かつ、数多くの実験を行った結果、金属、合金あるいは金属ベースの複合材料の溶湯における発泡剤のガスの解離は、温度と圧力に依存し、特に、圧力が一定の場合、温度によって段階的に起こり、材料と発泡剤の選定を適切に行えば、大気圧下で溶湯に発泡剤を添加してもガスの解離はあまり起こさず、一定であり、攪拌によって溶湯内に均一分散でき、この発泡剤を分散させた溶湯を昇温することで発泡剤のガスを必要量解離させ、発泡させることができ、急速に冷却することで発泡体を得ることができることを知見した。

【0014】またこの際、溶湯は固相率が35%以下であれば、発泡剤を攪拌することによって容易に分散することが判った。なお、この溶湯は、細かい気泡を有するがその量は少なく、比較的良好な湯流れ性を有する。また、発泡剤の添加量が適当であれば、この融体を発泡剤に応じたガスを十分に解離する温度以上に加熱昇温することで、90%以上の気泡率に発泡することが可能である。したがって、複雑な形状の鋳型に目的の発泡率になるように適量の融体（合金等＋発泡剤）を鋳込み、鋳

型ごとガスを十分に解離する温度以上に加熱し、鋳型内全体に発泡してから、急冷し凝固させ、目的の形状の発泡体を得ることができる。ここでいう発泡剤は水素化物（水素化チタン、水素化ジルコンなど）、炭酸塩（炭酸カルシウム、炭酸マグネシウムなど）、水和物（シラスなど）等が適用可能である。

【0015】ここで具体的な例を挙げると、主としてアルミニウム又はマグネシウムをベースにした合金中における水素化チタンで実現される発泡剤の水素の解離は、630℃未満では少量で且つ一部分であり、解離速度も比較的緩慢であって、水素を著しく解離するのが630℃以上であることを知見するに至った。また、630℃未満で固相率が35%以下の固液混合2相域か液相単一相の溶湯中に水素化チタンを混合攪拌することによって、水素化チタンを容易に分散できることも判った。

【0016】この溶湯は、細かい気泡を含有するが、その量は少なく比較的良好な湯流れ性を有する。また、水素化チタンの添加量が適当であれば、この融体を630℃以上に加熱することで90%以上の気泡率に発泡することが可能である。従って、複雑な形状の鋳型に目的の発泡率になるように適量の融体（合金+水素化チタン）を鋳込み、鋳型ごと630℃以上に加熱し、鋳型内全体に発泡してから急冷し、凝固させ、目的の形状の発泡体を得ることができる。

【0017】即ち、融点が420℃以上の金属、合金、金属基複合材料の1種以上を加熱して、固相率35%以下、630℃未満の溶湯と成して、この溶湯に重量比で0.1~5%の量の水素化チタンを添加し攪拌することによって溶湯中に均一分散させた後、この水素化チタンを含有する適量の溶湯を鋳型或いは金属製品に注湯し、次いで鋳型内または金属製品内の溶湯を630℃以上に再加熱して溶湯を発泡処理した後、冷却凝固させることにより、所定の形状の金属発泡体を得ることが可能となるのである。

【0018】各製造条件の詳細について以下に述べる。融点が420℃未満であれば、630℃以上で発泡させた融体を凝固させるのに200℃以上の温度差があるのを急速に冷却しなければならない。この場合、発泡してから凝固するまでの時間が長いと、気泡が結合することにより、消泡することに起因する気泡の粗大化が生じ、気泡の内圧が低下することで収縮が大きくなり、目的の形状を確立することが困難となる。従って融点は、添加する発泡剤における一部少量のガスが分離し始める解離温度に近く、高い温度であるほど好ましく、低くとも420℃以上でなければならない。

【0019】次に、発泡剤となる水素化チタンを発泡体となる溶融金属に分散させる工程についてであるが、その温度は630℃未満にする必要がある。630℃以上では水素化チタンの水素解離反応が著しくなり、金属融体は多くの気泡を有するようになり、従って湯流れ性の

低下により融体の取扱いが難しくなる。その点、630℃未満であれば水素化チタンの水素の解離は緩慢であり、溶湯を攪拌することで水素化チタンを十分に分散させることができる。このとき、溶湯は、35%以下の固相を含んでいてもよい。

【0020】しかし、含有する固相が35%を超えると攪拌中に固相粒子どうしが接触し、粘性が極端に増大して、攪拌効率が低下するばかりでなく、固相粒子が粗大化するため、水素化チタンを均一に分散させることが困難となる。従って、溶湯の固相率は35%以下とする。なお、本明細書において言う固相とは、化学量論的な固相に制限されるものではなく、即ち、意図的に金属や合金の基材に添加させるセラミックス等基材以外の材料をも含む広義のものである。

【0021】上記溶湯に、重量%で0.1%から5%の間の適量の水素化チタンを添加し、攪拌を行うことにより、溶湯中に水素化チタンを均一に分散させる。水素化チタンが0.1%未満では溶湯中に均一に分散させ、かつ、発泡させるのには不十分な量である。また、5%を超えると630℃未満であっても水素の解離量が多くなり、溶湯の粘性が増加し、取扱いが困難になるばかりか、コスト高の原因ともなる。従って、水素化チタンの添加量は0.1~5%の範囲とする。

【0022】次に、水素化チタンが均一に分散して含有されてなる630℃未満の溶湯を鋳型もしくは発泡体を充填させたい金属製品に適量注湯する。ここで、適量とは、所望する密度と発泡体の体積とから注湯する重量を計算した量であり、勿論、湯道、押湯の量も考慮された値である。次いで、注湯した溶湯を630℃以上に加熱し、含有する水素化チタンから水素を解離させ、発泡させる。目的の形状、発泡率に達したら、直ちに急冷し、凝固させる必要がある。冷却温度は製品の形状及び大きさによって異なるが、凝固の際に発泡体は収縮を起こし、その程度は冷却速度が速いほど小さくなる。従って、冷却速度は、製品の必要寸法精度に応じて設定する必要がある。これらの工程を経て金属発泡体を確実かつ容易に製造することが可能である。

【0023】また本発明は、発泡剤を分散させた溶湯をスラブや棒等の形状にしてそのまま冷却・凝固させた後、圧延、切断等の機械加工を施して、薄板、棒材等任意の形状、切粉にし、これらを適当な形状、重量にして鋳型内や炉内等で再加熱することによって発泡させることも可能である。この方法では、寸法、重量を精度よく鋳型等で発泡させることができるので、寸法精度や見掛け密度の精度が要求される製品の製造に適した方法である。

【0024】

【実施例】以下、本発明方法の具体的実施例について比較実験例と対比しながら説明する。本各実施例及び各比較例を含む供試材の化学成分及び製造条件は下記表1に

示される。いずれも大気溶解で3kg溶解して行った。水素化チタン(TiH_2)は、30秒間で添加し1分間溶湯を攪拌して分散させた。その溶湯を30mm×100mmの角柱と30mmφの円柱に鋳込み、鋳型ごと炉内で所定の温度に再加熱した。発泡現象が終了したときに炉内から鋳型を取り出し、強制空冷を施した。発泡率は(合金密度-発泡体密度)×100/合金密度の関係式から算出した。固相率は組織の面積率から算出した。均一性は密度の最大値が最小値の2倍を超えるものを×、超えないものを○と表示し、寸法精度は、2%以上差のあったものを×、差のないものを○と表示した。

【0025】本発明材の実験例1, 2, 4は、いずれも発泡率が90%以上で均一性及び寸法精度が良好であった。これらに対して、比較材である実験例3は、再加熱温度が610℃であるため水素の解離量が少なく、十分に発泡できず均一性にかなりのばらつきがあった。比較材である実験例5は、水素化チタンが0.06重量%と少量で水素の解離量が非常に少なく、十分に発泡できず均一性の点でかなりのばらつきがあり、また、寸法精度も悪い結果となった。

【0026】

【表1】

表1 化学成分及び製造条件並びに試作結果

		Al	Cu	Mg	Ca	Si	TiH ₂	融点	固相率	TiH ₂ 添加温度	再加熱温度	発泡率	均一性	寸法精度
		重量%	重量%	重量%	重量%	重量%	重量%	(℃)	(体積率%)	(℃)	(℃)	(%)		
実験例1	本発明材	残部	15.0	0.01	1.5	0.01	1.5	548~610	10	600	680	91	○	○
実験例2	本発明材	30.0	0.02	68.2	<0.01	<0.01	1.5	437~445	0	550	640	90	○	○
実験例3	比較材	"	"	"	"	"	"	"	0	550	610	45	×	○
実験例4	本発明材	残部	0.01	<0.01	1.5	11.5	1.5	575~580	0	600	680	92	○	○
実験例5	比較材	残部	15.0	0.01	1.5	0.01	0.06	548~610	10	600	680	30	×	×
実験例6	比較材	残部	4.5	1.5	<0.01	1.0	1.5	520~635	37	600	680	83	×	×
実験例7	比較材	"	"	"	"	"	"	"	0	680	680	95	注湯不可	注湯不可

注、残部：他の成分を除いた残り全量（不可避的成分を含む）。

【0027】一方、比較材である実験例6は、水素化チタンを添加して分散させたときの固相率が37%と大きかったため、十分に分散させることができず、均一性及び寸法精度においていずれも劣っていた。比較材である実験例7は、水素化チタンを添加したときの温度が680℃と高かったため、水素の解離が激しく行われ、水素化チタンを添加して攪拌している間に発泡が進行したため、発泡融体の粘性が高くなり、鋳型に注湯することができなかった。

【0028】また、実験例1で得られた溶湯を厚さ6mmのスラブにして急冷・凝固させ、これを圧延して1.4mmの薄板にした。この薄板を高さ15mmスペースの鉄板内で660℃に加熱し、発泡させた後、強制空冷することによって、厚さ15mmで発泡率93%の均一性及び寸法精度に優れた発泡板を作製することができた。

【0029】さらに、実験例1で得られた溶湯を急冷・凝固させることで得たスラブを切断加工によって30

g, 40g, 50gのブロックに作製し、これらを直径60mmの円筒形で100ccの鋳型内に装入し、680℃に再加熱して発泡させ、強制冷却することによって、寸法精度が1%以内で、かつ、見掛け密度が0.30g/cc, 0.40g/cc及び0.50g/ccの円筒の発泡体を得ることができた。

【0030】

【発明の効果】以上述べたように本発明による金属発泡体の製造方法では、2段階加熱方式を取っていることから、水素化チタンの如き発泡剤を分散させた後も溶湯に湯流れ性があるので、発泡剤の発泡温度以上に加熱できる鋳型ならば任意の形状の発泡体を確実かつ簡単に製造することができる。また、圧力制御や発泡剤を添加してから鋳造までの時間的制約もないので、簡単な設備で金属発泡体を製造することが可能であり、現在までに提案されているこの種製造方法に比し、安価にかつ、容易に製造することができる。